

การพัฒนาเครื่องผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วโดยใช้ใบกวนแบบ

45° two-blade Paddle ร่วมกับ 6-blade disc turbine

Development of biodiesel production reactor from used vegetable oil using 45° two-blade paddle coupled with 6-blade disc turbine

สุหทัย นิเซียง^{1*}

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร วิทยาลัยรัตนภูมิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

*Email : zuhmech@gmail.com

บทคัดย่อ

การผลิตไบโอดีเซลด้วยกระบวนการทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันโดยใช้ใบกวนในการกวนผสมในระหว่างการทำปฏิกิริยาจะใช้เวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง ไบโอดีเซลที่ได้มีความบริสุทธิ์ผ่านเกณฑ์มาตรฐานไบโอดีเซลเชิงพาณิชย์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการผสมวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลเพื่อลดระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา ด้วยการใช้ใบกวนสองรูปแบบร่วมกัน คือ คือ 45° two-blade paddle และ 6-blade disc turbine เพื่อกวนผสมวัตถุดิบที่ติดตั้งบนเพลาดียวกันภายในถังปฏิกรณ์ สำหรับการทดลองจะใช้ความเร็วรอบในการกวนผสม 400 และ 600 rpm ตามลำดับ เพื่อศึกษาผลของความเร็วรอบในการกวนผสมที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไบโอดีเซล จากการทดลองภายใต้เงื่อนไข น้ำมันพืชที่ใช้แล้วจำนวน 30 ลิตร เมทานอล 30 %โดยปริมาตร โซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 กรัม/น้ำมัน 1 ลิตร ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 60 °C และความเร็วรอบในการกวนผสม 600 rpm สามารถผลิตไบโอดีเซลมีผลได้ 93.33% และมีความบริสุทธิ์ 97.31 %โดยน้ำหนัก ใช้เวลาทำปฏิกิริยา 15 นาที

คำสำคัญ : ไบโอดีเซล; น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว; ทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน; ใบกวน

ABSTRACT

Biodiesel production with transesterification process using mechanical agitator to blend the ingredients for the reaction used the reaction time more than 60 min. And biodiesel purity was obtained for commercial biodiesel standard. The aim of this research was to develop a blending process of the materials in biodiesel production for reducing the reaction time. The two types of impeller: 45° two-blade paddle and 6-blade disc turbine, were used to blend the ingredients that installed on a shaft in the reactor. For the experiments, the impeller speed was operated for mixing with 400 and 600 rpm, respectively. The suitable impeller speed was investigated to find the effect on biodiesel production. The results indicated that under condition: 30 L of used

vegetable oil, 30 vol.% of MeOH, 5 g/LOIL of NaOH, 60 °C of the reaction time, and 600 rpm of the impeller speed, were obtained the yield of 93.33% and the purity of 97.31 wt.% for 15 min of the reaction time.

Keywords: biodiesel, used vegetable oil, transesterification, impeller

1. บทนำ

ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกที่ถูกมาใช้แทนน้ำมันดีเซล เนื่องจากมีคุณสมบัติใกล้เคียงน้ำมันดีเซล ไม่ส่งผลกระทบต่อเครื่องยนต์ ปล่อยก๊าซพิษออกมาน้อยกว่า และช่วยรักษาสภาพแวดล้อม [1, 2, 3] ไบโอดีเซลสามารถผลิตจากน้ำมันพืชและไขมันสัตว์ เช่น ปาล์ม มะพร้าว ถั่วเหลือง ทานตะวัน เมล็ดเรพ (rape seeds) สบู่ดำ สาหร่าย น้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์ที่ใช้แล้ว เป็นต้น ซึ่งพืชน้ำมันเหล่านี้เป็นแหล่งทรัพยากรที่สามารถผลิตทดแทนได้ในธรรมชาติ [4, 5] จากแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558-2579 ซึ่งมีเป้าหมายให้มีการใช้ไบโอดีเซล 14 ล้านลิตร/วัน [6] ดังนั้นการพัฒนากระบวนการผลิตเพื่อให้สามารถผลิตไบโอดีเซลด้วยระยะเวลาที่รวดเร็ว ลดปริมาณการใช้วัตถุดิบ จึงมีความสำคัญเพื่อให้ไบโอดีเซลมีราคาถูกลงสามารถแข่งขันกับน้ำมันจากฟอสซิลได้

การผลิตไบโอดีเซลโดยทั่วไปจะใช้ปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันด้วยการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์กับแอลกอฮอล์ โดยใช้ตัวเร่งชนิดเบส ได้ผลิตภัณฑ์เป็นเอสเทอร์ (ไบโอดีเซล) และกลีเซอรอลเป็นผลพลอยได้ [5, 7, 8] จะเห็นได้ว่าวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต น้ำมันพืช แอลกอฮอล์ และตัวเร่งปฏิกิริยา ต่างเป็นของเหลวที่มีวิฤภาคต่างกัน ไม่สามารถผสมกันเองได้ ดังนั้นจึงต้องใช้เครื่องมือช่วยผสมในระหว่างการทำปฏิกิริยา โดยทั่วไปใบกวนได้รับความนิยมนำมาใช้ในการกวนผสมสารเคมีในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล พบว่าต้องใช้เวลาในการผลิตนาน นักวิจัยได้ศึกษาผลกระทบของความรุนแรงใน

การผสมการผลิตไบโอดีเซลด้วยกระบวนการทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน พบว่าที่ความเร็วในการกวน 600 rpm ($N_{RE} = 12,400$) ผลิตไบโอดีเซลที่มีผลได้มากที่สุด ใช้เวลาทำปฏิกิริยา 90 นาที [9] ต่อมามีการศึกษาการผลิตไบโอดีเซลน้ำมันปาล์มโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบถังกวนต่อเนื่อง ต้องใช้เวลานานถึง 60 นาที ผลิตไบโอดีเซลมีผลได้ 97.3% [10] และในปี ค.ศ. 2005 นักวิจัยทดลองผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้ด้วยกวนผสมด้วยแมกเนติกส์บาร์ (Magnetic bar) พบว่าได้ไบโอดีเซลที่มีความบริสุทธิ์ 98% ใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 60 นาที [11] หลังจากนั้นนักวิจัยศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบชนิดกรดสูงด้วยกระบวนการแบบสองขั้นตอนด้วยการกวนผสมครั้งที่ 140 rpm พบว่าในขั้นตอนแรกใช้เวลาในการลดกรดไขมันอิสระให้เหลือต่ำกว่า 2 mgKOH/g นาน 90 นาที และในขั้นตอนที่สองใช้เวลาทำปฏิกิริยา 90 นาที สามารถผลิตไบโอดีเซลที่มีความบริสุทธิ์ 97.5% [12] นอกจากนี้ นักวิจัยได้ศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันปาล์มดิบชนิดกรดสูงด้วยกระบวนการแบบสองขั้นตอนเช่นกัน แต่ใช้ใบกวนแบบ 6-blade disc turbine ในการกวนผสมในระหว่างการทำปฏิกิริยา ใช้ความเร็วในการกวนผสมครั้งที่ 300 rpm ($N_{RE} = 2,520$) จากการศึกษาพบว่าต้องใช้เวลา 11 ชั่วโมง 35 นาที จึงสามารถผลิตไบโอดีเซลให้มีความบริสุทธิ์มากกว่า 96.5% [13] จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้น จะเห็นได้ว่าการผลิตไบโอดีเซลด้วยการกวนผสมด้วยใบกวนจะใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาอย่างน้อย 60 นาที

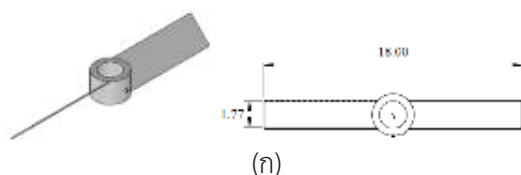
ดังนั้นในงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนากระบวนการกวนผสมสารเคมีในการผลิตไบโอดีเซล มีวัตถุประสงค์

เพื่อลดระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาและความบริสุทธิ์ไบโอดีเซลผ่านมาตรฐาน ด้วยการประยุกต์ใช้ใบกวนสองรูปแบบร่วมกัน คือ 45° two-blade paddle และ 6-blade disc turbine ที่ติดตั้งบนเพลลาเดียวกัน จากนั้นทดลองด้วยความเร็วรอบในการกวนผสมที่ 400 rpm และ 600 rpm เพื่อดูผลของความเร็วยรอบในการกวนผสมที่เหมาะสมสำหรับการใช้ในใบกวนสองรูปแบบร่วมกัน

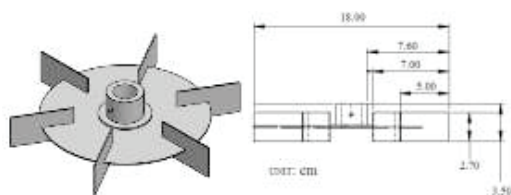
2. อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 ใบกวน

เครื่องผลิตไบโอดีเซลสำหรับงานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้ใบกวน 2 รูปแบบ คือ ใบกวนไหลตามแนวรัศมีแบบ 6-blade disc turbine และใบกวนไหลแบบผสม 45° two-blade paddle ดังภาพที่ 1 ซึ่งใบกวนทั้งสองรูปแบบมีคุณสมบัติที่ดีในการผสมของเหลวที่มีวิฤภาคต่างกันที่มีความหนืดน้อยถึงปานกลาง [14]



(ก)



(ข)

ภาพที่ 1 ใบกวน 45° two-blade Paddle (ก) และใบกวน 6-blade disc turbine (ข)

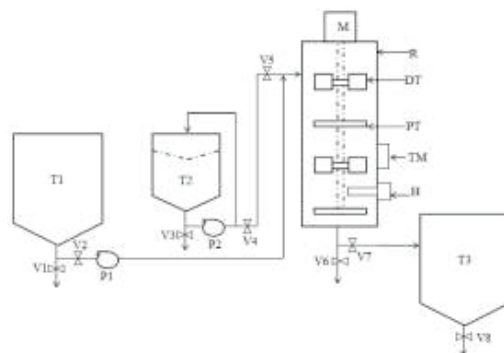
2.2 เครื่องผลิตไบโอดีเซล

เครื่องผลิตไบโอดีเซลตามภาพที่ 2 ประกอบด้วย ถัง T1 ขนาด 50 ลิตร สำหรับใส่น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว มีปั๊ม P1 เพื่อปั๊มน้ำมันพืชที่ใช้แล้วเข้าสู่ถังปฏิกรณ์ ถัง T2 ขนาด 15 ลิตร สำหรับใสเมทานอลและโซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งมีปั๊ม P2 สำหรับปั๊มนสารเคมีเข้าสู่ถัง

ปฏิกรณ์ ในส่วนของถังปฏิกรณ์ (R) จะมีใบกวน 2 ชนิด คือ ใบกวนแบบ 45° two-blade paddle (PT) และ 6-blade disc turbine (DT) ถูกติดตั้งบนเพลลาเดียวกัน สลับกันไปที่อยู่ภายในถังปฏิกรณ์ มีมอเตอร์ไฟฟ้า (M) ใช้ขับใบกวนซึ่งติดตั้งบนถังปฏิกรณ์ นอกจากนี้ยังติดตั้งฮีตเตอร์ (H) 1 แท่ง ขนาดกำลังไฟฟ้า 2,000 วัตต์ แรงดัน 220 โวลต์ ภายในถังปฏิกรณ์เพื่อให้ความร้อนแก่ส่วนผสมในระหว่างทำปฏิกิริยาและติดตั้งเทอร์โมสแตต (TM) สำหรับควบคุมอุณหภูมิภายในถังปฏิกรณ์ ซึ่งไบโอดีเซลที่ผลิตได้จะถูกเก็บไว้ในถัง T3 ขนาด 100 ลิตร



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2 รูปเครื่อง (ก) และผังการทำงาน (ข) ของเครื่องผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วโดยใช้ใบกวนแบบ 45° two-blade paddle ร่วมกับ 6-blade disc turbine

2.3 ขั้นตอนการใช้งานเครื่องผลิตไบโอดีเซล

การทำงานของเครื่องตามรูปที่ 2 (ข) ขั้นตอนแรก ป้อนน้ำมันปาล์มที่ใช้แล้วจำนวน 30 ลิตรในถัง T1 ด้วยปั๊ม P1 เข้าสู่ถังปฏิกรณ์ (R) จากนั้นเปิดสวิตช์มอเตอร์เพื่อหมุนผสมน้ำมันพืชที่ใช้แล้วในถังปฏิกรณ์และเปิดสวิตช์ฮีตเตอร์เพื่อให้ความร้อนซึ่งควบคุมอุณหภูมิภายในถังปฏิกรณ์ 60 ± 5 °C ระหว่างรอน้ำมันในถังปฏิกรณ์ให้ได้อุณหภูมิตามที่กำหนด เมทานอลและโซเดียมไฮดรอกไซด์ในถัง T2 จะถูกไหลวนด้วยปั๊ม P2 เพื่อให้โซเดียมไฮดรอกไซด์และเมทานอลละลายเป็นเนื้อเดียวกัน เมื่ออุณหภูมิน้ำมันปาล์มที่ใช้แล้วในถังปฏิกรณ์ร้อนถึง 60 °C จะเริ่มป้อนสารละลายเมทานอลและโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้าสู่ถังปฏิกรณ์เพื่อทำปฏิกิริยากับน้ำมันปาล์มที่ใช้แล้ว ซึ่งเวลาในการทำปฏิกิริยาจะเริ่มจับทันทีที่เติมสารละลายเมทานอลและโซเดียมไฮดรอกไซด์และเข้าสู่ถังปฏิกรณ์โดยทำปฏิกิริยานาน 60 นาที และจะเก็บตัวอย่างไบโอดีเซลมาวิเคราะห์ทุกๆ 15 นาที หลังจากทำปฏิกิริยาเสร็จสิ้นแล้วไบโอดีเซลในถังปฏิกรณ์จะถูกถ่ายเข้าไปเก็บในถังเก็บ (T3) เพื่อให้ไบโอดีเซลและกลีเซอรอลแยกชั้นออกจากกัน

สำหรับเงื่อนไขในการทดลองจะใช้น้ำมันพืชที่ใช้แล้วที่มีค่ากรดไขมันอิสระไม่เกิน 2 mgKOH/g (1 %wt) จะส่งผลให้ผลิตไบโอดีเซลมีผลได้สูง [15, 16] การทดลองแต่ละครั้งจะใช้น้ำมันจำนวน 30 ลิตร ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 5 กรัม/น้ำมัน 1 ลิตร ใช้เมทานอล 10 20 และ 30 %โดยปริมาตร และใช้ความเร็วในการหมุน 400 และ 600 รอบต่อนาที ทดลองที่ 60 °C เนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน [17, 18]

2.4 การวิเคราะห์ความบริสุทธิ์ไบโอดีเซล

ความบริสุทธิ์ไบโอดีเซลวิเคราะห์ด้วยวิธีตรวจสอบคุณภาพไบโอดีเซลแบบกะประมาณ (Proximate analysis) โดยเตาไมโครเวฟ [19, 20] ซึ่งการเป็นน้ำมันเอสเตอร์ที่ทำปฏิกิริยาเสร็จสิ้นแล้วมาทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันใหม่ โดยอาศัยหลักที่ว่าหากไบโอดีเซลยังมีกลี

เซอไรด์เหลืออยู่ เมื่อทำปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชันกับเมทานอลและโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในสัดส่วนที่เหมาะสมย่อมเกิดกลีเซอรอลขึ้นซึ่งปริมาณกลีเซอรอลที่เกิดขึ้นนี้สามารถบ่งบอกถึงคุณภาพของไบโอดีเซลได้สามารถนำไปคำนวณหาความบริสุทธิ์เมทิลเอสเตอร์ดังสมการที่ (1) และ (2) ตามลำดับ

$$G = \frac{Y + 0.0144}{0.0611} \quad (1)$$

$$E = 100 - G \quad (2)$$

เมื่อ Y = ปริมาณของกลีเซอรอลที่อ่านได้

G = %กลีเซอไรด์ที่เกิดขึ้น

E = %ความบริสุทธิ์ไบโอดีเซล

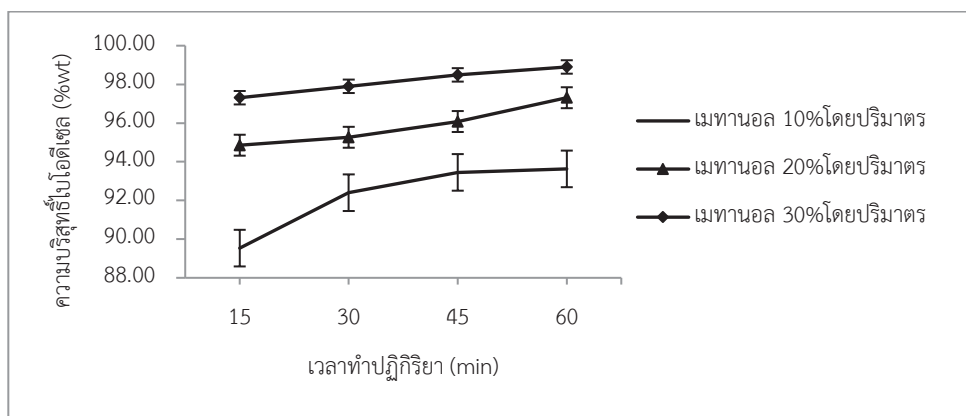
3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลของความเร็วยรอบของใบกวนต่อความบริสุทธิ์ของไบโอดีเซล

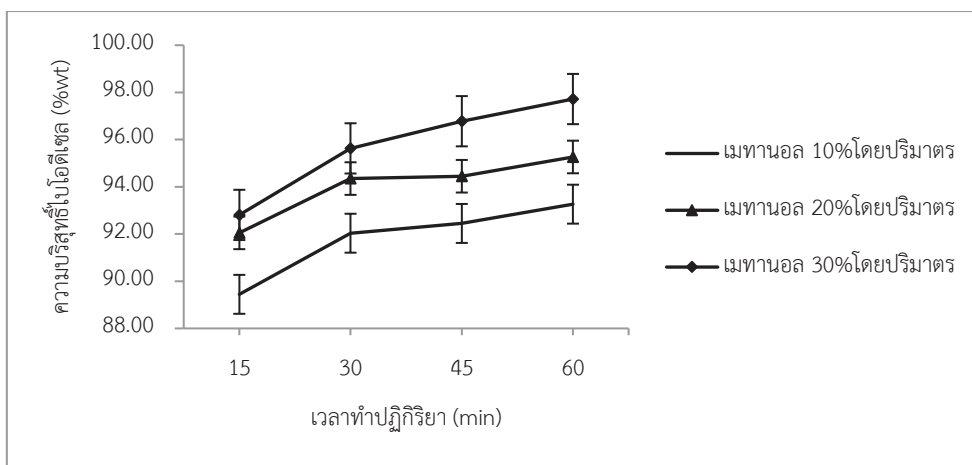
งานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของความเร็วยรอบการกวนผสมที่ส่งผลต่อความบริสุทธิ์ไบโอดีเซลและเวลาในการทำปฏิกิริยา ผลการทดลองดังภาพที่ 3 พบว่าเมื่อใช้ความเร็วยรอบในการกวนที่ 400 รอบ/นาที ใช้เมทานอล 30 %โดยปริมาตร ทำปฏิกิริยาเวลา 15 นาที สามารถผลิตไบโอดีเซลที่มีความบริสุทธิ์ 97.31 %โดยน้ำหนัก ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงานที่ 96.5 %โดยน้ำหนัก [21] แสดงให้เห็นว่าการทำปฏิกิริยาเพียง 15 นาที ก็เพียงพอแล้วสำหรับการผลิตไบโอดีเซลด้วยกระบวนการนี้ สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าและผลิตไบโอดีเซลได้ปริมาณมากขึ้น สำหรับการทดลองใช้ความเร็วยรอบในการกวนที่ 600 รอบ/นาที ดังภาพที่ 4 ปรากฏว่าต้องเวลานานถึง 45 นาที จึงสามารถผลิตไบโอดีเซลให้มีความบริสุทธิ์มากกว่า 96.5 %โดยน้ำหนัก ใช้เมทานอลเท่ากัน 30 %โดยปริมาตร จะสังเกตได้ว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อความบริสุทธิ์ของไบโอดีเซลคือความรุนแรงในการผสม ดังนั้นการกวนผสมด้วยความเร็วที่เหมาะสมจะทำให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้สมบูรณ์และใช้

เวลาทำปฏิกิริยาเร็วขึ้น [22] อีกหนึ่งปัจจัย คือปริมาณ เมทานอลต่อน้ำมัน สำหรับปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ ริฟิเคชั่น เพื่อให้สมดุลของปฏิกิริยาเลื่อนไปในทิศทาง การสังเคราะห์ผลิตภัณฑ์มากที่สุด ควรใช้แอลกอฮอล์

ที่มากกว่าทางทฤษฎี 100 เปอร์เซ็นต์ [1, 23] แต่ไม่ควรใช้เมทานอลมากเกินไป เพราะส่งผลให้แยกลิเซอรอลออกจากไบโอดีเซลได้ยากและไม่ทำให้ผลได้ของ เมทิลเอสเทอร์เพิ่มขึ้น [7]



ภาพที่ 3 ความบริสุทธิ์ไบโอดีเซลที่ผ่านการทำปฏิกิริยาที่ความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาที

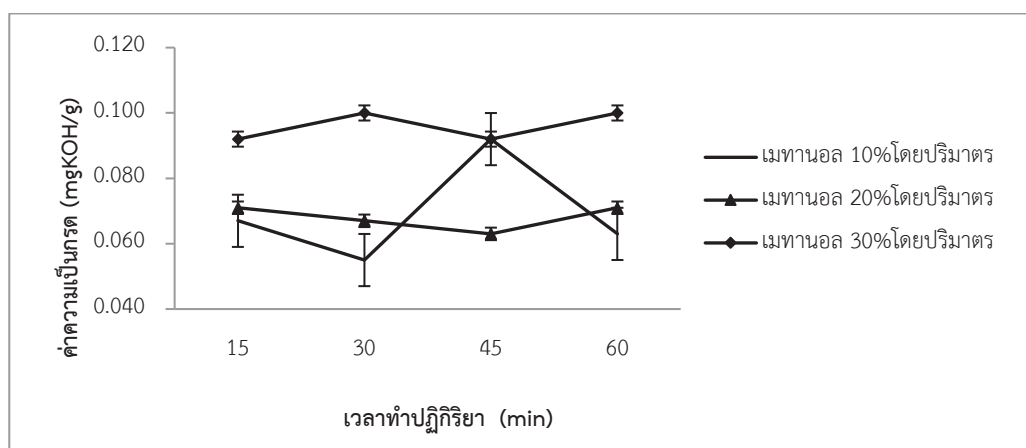


ภาพที่ 4 ความบริสุทธิ์ไบโอดีเซลที่ผ่านการทำปฏิกิริยาที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที

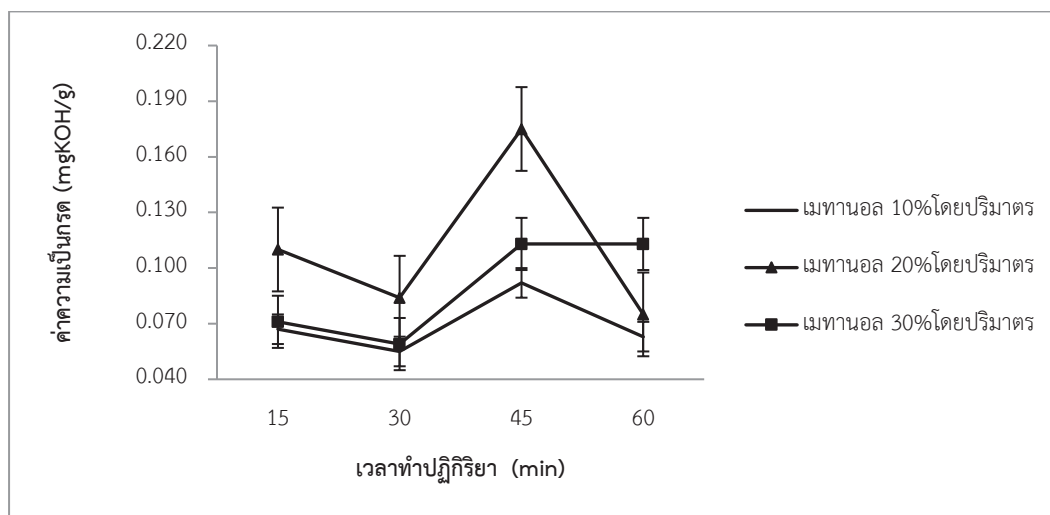
3.2 ค่าความเป็นกรดของไบโอดีเซล

ตามมาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงาน พ.ศ. 2556 [21] กำหนดให้ไบโอดีเซลมีค่าความเป็นกรดไม่เกิน 0.50 mgKOH/g ดังนั้นก่อนนำไบโอดีเซลไปใช้ต้องล้างทำความสะอาดกำจัดกรดออก เพื่อไม่เกิดผลกระทบไปกีดกร่อนชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ ทำให้อายุการใช้

งานของปั๊มและไส้กรองน้ำมันลดลง จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีของ The American oil Chemists' Society official Method Cd 3a-63 For Acid Value [24] พบว่าทุกๆเงื่อนไขการทดลองค่าความเป็นกรดของไบโอดีเซลผ่านมาตรฐานไบโอดีเซลเชิงพาณิชย์ ดังภาพที่ 5 และ 6 ตามลำดับ



ภาพที่ 5 ค่าความเป็นกรดของไบโอดีเซลที่ผ่านการทำปฏิกิริยาที่ความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาที

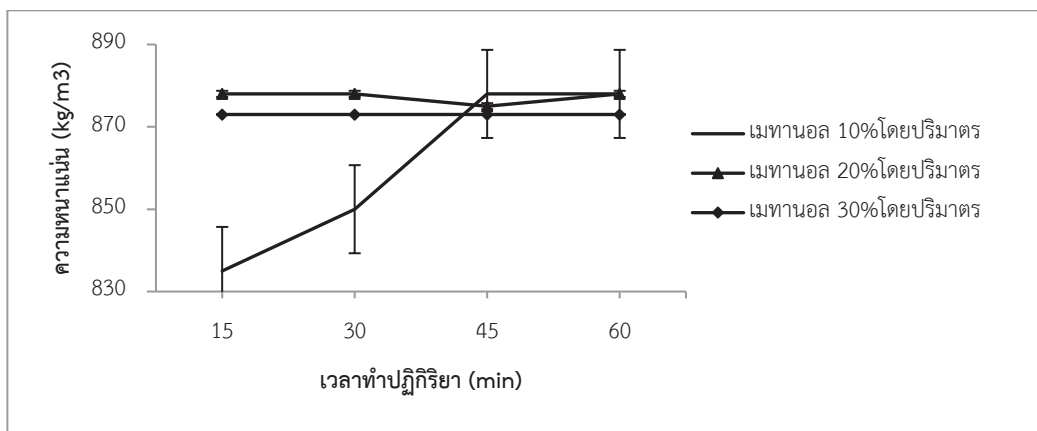


ภาพที่ 6 ค่าความเป็นกรดของไบโอดีเซลที่ผ่านการทำปฏิกิริยาที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที

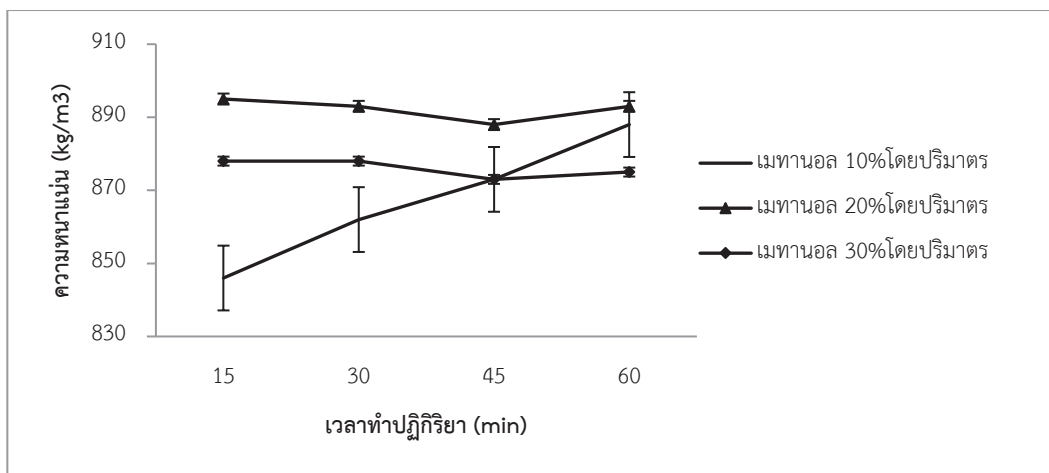
3.3 ความหนาแน่นของไบโอดีเซล

ความหนาแน่นของไบโอดีเซลเป็นคุณสมบัติหนึ่งที่สำคัญเนื่องจากจะส่งผลต่อการเผาไหม้เชื้อเพลิง [25] ซึ่งตามมาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงานกำหนดความหนาแน่นไบโอดีเซลที่อุณหภูมิ 15 °C อยู่ในช่วง 860-900 kg/m³ [21] จากภาพที่ 7 การทดลองที่ความเร็วการกวนผสมที่ 400 รอบ/นาที สามารถผลิตไบโอดีเซลที่มีความ

บริสุทธิ์ 97.31 %โดยน้ำหนัก ใช้เมทานอล 30 %โดยปริมาตร และทำปฏิกิริยาเวลา 15 นาที พบว่าค่าความหนาแน่นของไบโอดีเซลอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน สำหรับการทดลองที่ความเร็วการกวนผสมที่ 600 รอบ/นาที ดังภาพที่ 8 สามารถผลิตไบโอดีเซลที่มีความบริสุทธิ์ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ใช้เมทานอล 30 %โดยปริมาตร และทำปฏิกิริยาเวลา 45 นาที พบว่าค่าความหนาแน่นของผ่านเกณฑ์มาตรฐานเช่นกัน



ภาพที่ 7 ความหนาแน่นไบโอดีเซลที่ผ่านการทำปฏิกิริยาที่ความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาที



ภาพที่ 8 ความหนาแน่นไบโอดีเซลที่ผ่านการทำปฏิกิริยาที่ความเร็วรอบ 600 รอบต่อนาที

3.4 ต้นทุนการผลิตไบโอดีเซล

ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลจะมีต้นทุนการผลิต 2 ประเภท คือ ต้นทุนวัตถุดิบและสารเคมี และต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้า จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าต้นทุนหลักในการผลิตไบโอดีเซล คือ น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว 53.53% รองลงมาคือ เมทานอล 44.83% พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ 1.24% และตัวเร่งปฏิกิริยา 0.40% ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วรพันธ์ และคณะ (2554) [26] ได้ศึกษาการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว พบว่าต้นทุนหลักในการผลิตไบโอดีเซลคือ วัตถุดิบและเมทานอล

จากการคำนวณต้นทุนการผลิตทั้งหมด จากตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ซึ่งคำนวณจากเงื่อนไขที่ดีที่สุดสำหรับงานวิจัยนี้ คือ ใช้ น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว 30 ลิตร ใช้ความเร็วรอบในการกวนที่ 400 รอบ/นาที เมทานอล 30 %โดยปริมาตร ทำปฏิกิริยาเวลา 15 นาที หลังจากทำปฏิกิริยาเสร็จสิ้นได้ไบโอดีเซล 28 ลิตร (ร้อยละผลได้ 93.33%) ค่ารวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด 672.53 บาท ได้ไบโอดีเซลราคา 24.02 บาท/ลิตร เปรียบเทียบกับราคาอ้างอิงไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน ราคา 28.13 บาท/ลิตร [27] ดังนั้นไบโอดีเซลที่ผลิตได้นี้มีราคาถูกกว่าสามารถแข่งขันกับไบโอดีเซลตามท้องตลาดได้

ตารางที่ 1 ต้นทุนวัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการ

รายการ	จำนวน (หน่วย)	ราคาต่อ หน่วย	ราคา (บาท)
น้ำมันพืชที่ใช้แล้ว (ลิตร)	30	12	360
เมทานอล (ลิตร)	9	33.5	301.5
โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (กิโลกรัม)	0.3	9	2.7
รวม			664.2

ตารางที่ 2 ต้นทุนพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิต

รายการ	กำลังไฟฟ้า (kW)	เวลา (hr)	หน่วย ละ[28]	ค่าไฟ (บาท)
ฮีตเตอร์	2.00	1	3.2484	6.4968
มอเตอร์	0.25	1	3.2484	0.8121
ปั๊ม สารเคมี	0.37	0.08	3.2484	0.0962
ปั๊มน้ำมัน	0.37	0.77	3.2484	0.9255
รวม				8.3306

4. สรุป

การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วด้วยกระบวนการทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน โดยการประยุกต์ใช้ใบกวน 45 ° two-blade paddle และ 6-blade disc turbine เพื่อพัฒนากระบวนการกวนผสมวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลซึ่งจะส่งผลต่อระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา จากการทดลองพบว่าการใช้ใบกวนสองรูปแบบร่วมกันสามารถลดระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาและไบโอดีเซลมีความบริสุทธิ์มากกว่า 96.5% ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมธุรกิจพลังงาน

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณ วิทยาลัยรัษฎามิ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ สนับสนุนงานวิจัยเป็นอย่างดีตลอดมา

เอกสารอ้างอิง

- [1] Fangrui M, Milford AH (1999). Biodiesel production: a review. Bioresource Technology, 70: 1-15.
- [2] Amish PV, Jaswant LV, and Subrahmanyam N (2010). A review on FAME production process. Fuel, 89: 1-9.

- [3] Jimmy, Andrew C (2015). Microwave Assisted to Biodiesel production from palm oil in time and material feeding frequency. *International Journal of ChemTech Research*, 8: 1695-1700.
- [4] Tippayawong N, Sittisun P (2012). Continuous-flow transesterification of crude jatropha oil with microwave irradiation. *Scientia Iranica B*, 19: 1324-1328.
- [5] Jon VG (2005). Biodiesel processing and production. *Fuel Processing Technology*, 86: 1097-1107.
- [6] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2557). แผนปฏิบัติการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 2558-2579. สืบค้นจาก: http://www.dede.go.th/download/files/AEDP2015_Final_version.pdf
- [7] Prafulla DP, Veera GG, Harvind KR, Tapaswy M, and Shuguang D (2012). Biodiesel production from waste cooking oil using sulfuric acid and microwave irradiation process. *Journal of Environmental Protection*, 3: 107-113.
- [8] Ahmad A, Barat G, Mohammad RO, and Gholamhassan N (2012). Current biodiesel production technologies: A comparative review. *Energy Conversion and Management*, 63: 138-148.
- [9] Nouredini H, Zhu D (1997). Kinetic of Transesterification of Soybean Oil. *JAOSS*, 74: 1457-1463.
- [10] Darnoko D, Munir C (2000). Continuous Production of Palm Methyl Ester. *JAOSS*, 77: 1269-1272.
- [11] Pedro F, M. Joana NC, Idalina R, Joao FM, Rui B, and Joao MB (2005). Production of biodiesel from waste frying oils. *Waste Management*, 26: 487-494.
- [12] Gumpon P, Michael LA, Theerayut L, and Kittisak T (2007). Methyl ester production from high free fatty acid mixed crude palm oil. *Songklanakarin J. Sci. Technol*, 29: 1551-1561.
- [13] Surachai J, Gumpon P (2011). Enhancement of the Two-Stage Process for Producing Biodiesel from High Free Fatty Acid Mixed Crude Palm Oil. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)*, 45: 1094-1104.
- [14] Edward LP, Victor AA, Suzanne MK (2004). Mechanically Stirred Vessels, *Handbook of Industrial Mixing, Science and Practice*. A JOHN WILEY & SONS, INC., Publication.
- [15] Gumpon P, Krit S, and Michael A (2009). Design and testing of continuous acid-esterification reactor for high free fatty acid mixed crude palm oil. *Fuel Processing Technology*, 90: 784-789.
- [16] Krit S, Suhdee N, and Gumpon P (2014). Optimization of high free fatty acid reduction in mixed crude palm oils using circulation process through static mixer reactor and pilot-scale of two-step process. *Energy Conversion and Management*, 80: 374-381.
- [17] Shashikant VG, Hifjur R (2005). Process optimization for biodiesel production from mahua (*Madhuca indica*) oil using response surface methodology. *Bioresource Technology*, 97: 379-384.
- [18] Dennis YCL, Xuan W, and Leung MKH (2009). A review on biodiesel production using catalyzed transesterification. *Applied Energy*, 87: 1083-1095.
- [19] ชาศริต ทองอุไร, รวมพร นิคม (2551). กระบวนการทดสอบแบบกะประมาณของปริมาณกลีเซอรไรด์ในไบโอดีเซล โดยกระบวนการทรานเอสเทอไรฟิเคชันด้วยเตาไมโครเวฟ. *อนุสิทธิบัตรไทย เลขที่ 5060*, 22 มกราคม 2551.

[20] รุ่งทิพย์ ชัยเดช (2557). การผลิตไบโอดีเซลแบบต่อเนื่องจากน้ำมันทอดใช้แล้วโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโซเดียมเมทอกไซด์. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

[21] ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน (2556). เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน พ.ศ. 2556. เล่ม 130 ตอนพิเศษ 156 ง. สืบค้นจาก: <http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2556/E/158/15.PDF>

[22] Suhdee N, Krit S, and Gumpon P (2014). Optimization of base-catalyzed transesterification in biodiesel production from refined palm oil via circulation process through static mixer reactor. *Advanced Materials Research*, 931-932: 1038-1042.

[23] Freedman B, Pryde EH, Mounts TL (1984). Variables Affecting the Yields of Fatty Esters from Transesterified Vegetable Oils. *JAOCS*, 61: 1638-1643.

[24] AOCS (1998) "Official test method Cd 3a-63 for acid value," American Oil Chemists Society Champaign, III.

[25] Gerhard K, Luis FR (2016). Biodiesel fuels. *Progress in Energy and Combustion Science*, 58: 36-59.

[26] วรพันธ์ หม่อมสร, รัชพล ลันติวรากร, วินัย ใหม่คามิ, วศกร ตรีเดช (2554). การลดต้นทุนในกระบวนการผลิตไบโอดีเซลชุมชน : กรณีศึกษาโรงงานต้นแบบผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วมหาลัขณแก่น. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25, จังหวัดกระบี่, ประเทศไทย, ETM59.

[27] ประกาศคณะกรรมการบริหารนโยบายพลังงาน (2558). เรื่อง ราคาอ้างอิงเอทานอลและไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน. ฉบับที่ 63พ.ศ. 2558. สืบค้นจาก: http://www.eppo.go.th/index.php/th/eppo-intranet/item/download/11315_bea09398e010bae5f1f72bdbe7ad1fe1

[28] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (2558). อัตราค่าไฟฟ้าจำแนกตามกิจการไฟฟ้า. สืบค้นจาก: http://pea2.pea.co.th/kalasin/ckfinder/userfiles/files/kls/electricity_rate_11_58.pdf